



Offenlegungsschrift
DE 197 35 562 A 1

(51) Int. Cl. 5:
G 01 P 3/04
G 01 P 15/00
// B60K 23/08,28/16,
B60T 8/32

D2

(21) Aktenzeichen: 197 35 562.5
(22) Anmeldetag: 16. 8. 97
(43) Offenlegungstag: 18. 2. 99

DE 197 35 562 A 1

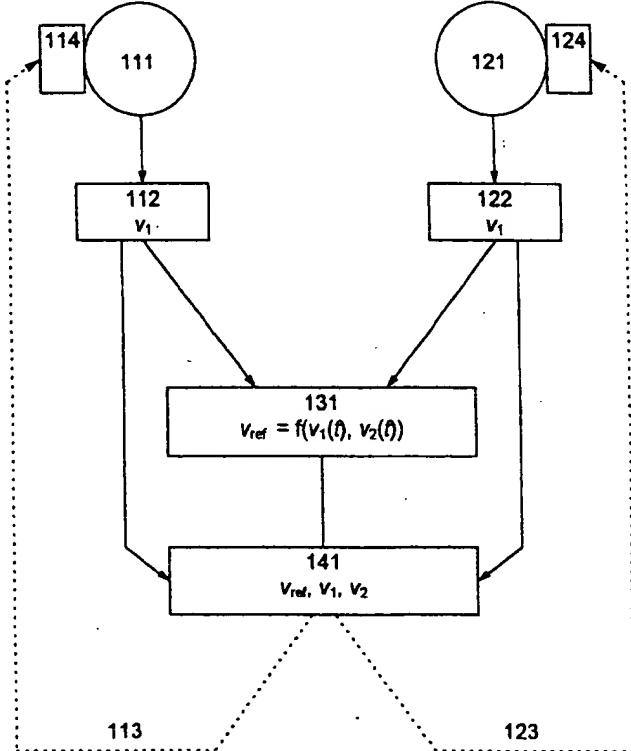
(71) Anmelder:
ITT Mfg. Enterprises, Inc., Wilmington, Del., US
(74) Vertreter:
Portwich, P., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 60488 Frankfurt

(72) Erfinder:
Herp, Andreas, 77656 Offenburg, DE
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 195 27 531 A1
DE 195 21 411 A1
DE 44 28 347 A1
DE 42 34 819 A1
DE 41 30 370 A1
DE 39 24 448 A1
DE 39 19 293 A1
DE 39 09 589 A1
EP 03 22 911 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Referenz-Geschwindigkeit in einem Kraftfahrzeug
(55) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Referenz-Geschwindigkeit in einem Kraftfahrzeug.
Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, die eine genaue und zuverlässige Bestimmung der Referenz-Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs erlauben; außerdem soll das Verfahren und die Vorrichtung kostengünstig realisierbar sein.
Das Problem ist bei einem Verfahren zur Bestimmung einer Referenz-Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs erfahrungsgemäß dadurch gelöst, daß Rad-Geschwindigkeiten an mindestens zwei Rädern (111, 121) des Kraftfahrzeugs gemessen werden (112, 122), und die Referenz-Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der Rad-Geschwindigkeiten von mindestens zwei Rädern berechnet wird (131).
Die vorliegende Erfindung ist sowohl bei Traktionsregelsystemen oder bei Antischlupfsystemen als auch bei Antiblockiersystemen in einem Kraftfahrzeug anwendbar, insbesondere in einem allrad-angetriebenen Personenkraftfahrzeug, beispielsweise in einem vierrad-angetriebenen Personenkraftwagen.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Referenz-Geschwindigkeit in einem Kraftfahrzeug, insbesondere in einem allradangetriebenen Personenkraftfahrzeug, beispielsweise in einem vierrad-angetriebenen Personenkraftwagen. Die vorliegende Erfindung ist sowohl bei Traktionsregelsystemen oder bei Antislipfsystemen als auch bei Antiblockiersystemen in einem Kraftfahrzeug anwendbar.

Bei Traktionsregel- oder Antriebsschlupfsystemen ist es erforderlich, die auf jedes angetriebene Rad wirkenden Antriebskräfte so zu regeln, daß kein angetriebenes Rad überdreht, das heißt, daß die Tangentialgeschwindigkeit des äußeren Radumfangs des angetriebenen Rades möglichst nahe an der tatsächlichen Geschwindigkeit des Fahrzeugs in Fahrtrichtung liegt. Dadurch wird eine optimale Beschleunigung des Fahrzeugs erreicht.

Bei Antiblockiersystemen ist es erforderlich, die auf jedes abgebremste Rad wirkenden Bremskräfte so zu regeln, daß kein abgebremstes Rad überbremst wird und dadurch zum Blockieren neigt, das heißt, daß die Tangentialgeschwindigkeit des äußeren Radumfangs des abgebremsten Rades möglichst nahe an der tatsächlichen Geschwindigkeit des Fahrzeugs liegt. Dadurch wird eine optimale Verzögerung des Fahrzeugs erreicht.

Für diese beiden Aufgaben ist es erforderlich, die Tangentialgeschwindigkeit des äußeren Radumfangs des angetriebenen beziehungsweise abgebremsten Rades des Fahrzeugs zu ermitteln. Zu diesem Zweck ist an jedem Rad ein entsprechender Sensor angebracht, der die Anzahl der Umdrehungen des jeweiligen Rades pro Zeiteinheit erfaßt. Daraus wird unter Verwendung des bekannten Radius des Rades die Umdangsgeschwindigkeit des jeweiligen Rades berechnet.

Außerdem ist es für diese beiden Aufgaben erforderlich, die Referenz-Geschwindigkeit zu ermitteln, das heißt die tatsächliche Geschwindigkeit des Fahrzeugs in Fahrtrichtung.

Bei nicht-allrad angetriebenen Fahrzeugen kann die Ermittlung der Referenz-Geschwindigkeit im Beschleunigungsfall verhältnismäßig einfach und zuverlässig anhand der Tangentialgeschwindigkeit des äußeren Radumfangs eines nicht-angetriebenen Rades erfolgen, auf das kein Antriebsmoment einwirkt. Allerdings ist auch bei nichtallrad angetriebenen Fahrzeugen im Bremsfall die Referenz-Geschwindigkeit nicht mehr so einfach zu bestimmen, da auch bei Mehrkreis-Bremssystemen im normalen Betriebsfall stets auf jedes Rad des Fahrzeugs Bremskräfte einwirken.

Bei bekannten Verfahren und Vorrichtungen werden Beschleunigungssensoren für die Ermittlung der Referenz-Geschwindigkeit eingesetzt. Ein Nachteil dabei ist, daß die in Frage kommenden Beschleunigungssensoren teuer sind und die Kosten für das Gesamtsystem wesentlich erhöhen.

In anderen bekannten Verfahren wird im Beschleunigungsfall die Tangentialgeschwindigkeit des äußeren Radumfangs des sich am langsamsten drehenden Rades als Referenz-Geschwindigkeit des Fahrzeugs herangezogen. Im Verzögerungsfall wird entsprechend die Tangentialgeschwindigkeit des äußeren Radumfangs des sich am schnellsten drehenden Rades als Referenz-Geschwindigkeit des Fahrzeugs herangezogen. Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß es eine nur ungenaue und unter bestimmten Voraussetzungen sehr unzuverlässige Bestimmung der Referenz-Geschwindigkeit erlaubt.

In dem US-Patent Nr. 4,969,100 wird eine Vorrichtung zur Bestimmung der Referenz-Geschwindigkeit in einem Automobil beschrieben, die an jedem Rad einen Geschwindigkeitssensor aufweist und bei der zur Bestimmung der Re-

ferenz-Geschwindigkeit eines der Räder, beziehungsweise die Geschwindigkeit eines der Räder durch Auswahl-Mittel ausgewählt wird, und auf der Grundlage der Geschwindigkeit dieses einen ausgewählten Rades unter Ausführung einer Berechnung die Referenz-Geschwindigkeit des Automobils bestimmt wird.

Auch dieses Verfahren weist den Nachteil auf, daß es eine nur ungenaue und unter bestimmten Voraussetzungen sehr unzuverlässige Bestimmung der Referenz-Geschwindigkeit erlaubt.

Der Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, die eine genaue und zuverlässige Bestimmung der Referenz-Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs erlauben; außerdem soll das Verfahren und die Vorrichtung kostengünstig realisierbar sein.

Das Verfahren und die Vorrichtung soll weiterhin sowohl für den Beschleunigungsfall wie für den Verzögerungsfall eine genaue und zuverlässige Bestimmung der Referenz-Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs erlauben.

Das Problem wird durch die in den unabhängigen Patentansprüchen offenbarten Verfahren und Vorrichtungen gelöst. Besondere Ausführungsarten der Erfindung sind in den Unteransprüchen offenbart.

Das Problem ist bei einem Verfahren zur Bestimmung einer Referenz-Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs erfundungsgemäß dadurch gelöst, daß Rad-Geschwindigkeiten an mindestens zwei Rädern des Kraftfahrzeugs gemessen werden, und die Referenz-Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der Rad-Geschwindigkeiten von mindestens zwei Rädern berechnet wird.

Unter der Referenz-Geschwindigkeit ist die tatsächliche Geschwindigkeit in Fahrtrichtung des Fahrzeugs zu verstehen. Die Rad-Geschwindigkeit ist die Tangential-Geschwindigkeit des äußeren Radumfangs; sie wird aus der Umdrehungsfrequenz des Rades unter Berücksichtigung des Rad-durchmessers, gegebenenfalls auch unter Berücksichtigung des geschwindigkeitsabhängigen Raddurchmessers bestimmt. Für die Ermittlung der Umdrehungsfrequenz des Rades sind aus dem Stand der Technik verschiedene Meßaufnehmer bekannt, beispielsweise solche mit mechanischem, elektrischem, optischem oder magnetischem Aufnehmerprinzip.

Die Berücksichtigung der Rad-Geschwindigkeiten von mindestens zwei Rädern hat den Vorteil, daß eine genaue und zuverlässige Bestimmung der Referenz-Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs gewährleistet ist; außerdem ist das Verfahren und die zugehörige Vorrichtung kostengünstig realisierbar, da das Erfordernis eines kostenintensiven Beschleunigungssensors entfällt. Weiterhin ist vorteilhaft, daß das Verfahren und die zugehörige Vorrichtung sowohl für Beschleunigungsfall wie für den Verzögerungsfall eine genaue und zuverlässige Bestimmung der Referenz-Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs gewährleisten.

In einer besonderen Ausführungsart der Erfindung werden die Rad-Geschwindigkeiten an allen Rädern des Kraftfahrzeugs gemessen und die Berechnung der Referenz-Geschwindigkeit erfolgt unter Berücksichtigung der Rad-Geschwindigkeiten von allen Rädern. Dies hat den Vorteil, daß sowohl bei zweiradangetriebenen Fahrzeugen als auch bei allrad-angetriebenen Fahrzeugen eine genaue, zuverlässige und kostengünstige Bestimmung der Referenz-Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs gewährleistet ist.

In einer weiteren besonderen Ausführungsart der Erfindung wird die Referenz-Geschwindigkeit zu diskreten Zeitpunkten mit einer ausreichend hohen Wiederholfrequenz unter Verwendung einer rekursiven Rechenregel berechnet.

Dies hat den Vorteil, daß für die Berechnung auch digitale elektronische Schaltkreise eingesetzt werden können, wo-

durch eine hohe Rechengeschwindigkeit und hohe Rechengenauigkeit bei geringen Kosten und geringem Energieverbrauch für die zugehörigen Rechenmittel erzielt werden können. Außerdem ist es vorteilhaft, daß die Eingangsgrößen für die Berechnung einfach gefiltert und einer statistischen Bearbeitung, beispielsweise einer gleitenden Mittelwertbildung, unterzogen werden können, wodurch sich die Genauigkeit der berechneten Referenz-Geschwindigkeit weiter erhöht.

In einer weiteren besonderen Ausführungsart der Erfindung erfolgt die Berechnung der Referenz-Geschwindigkeit $v_{ref}(t_{n+1})$ zum Zeitpunkt t_{n+1} aus der Referenz-Geschwindigkeit $v_{ref}(t_n)$ zum Zeitpunkt t_n gemäß der rekursiven Rechenregel

$$v_{ref}(t_{n+1}) = v_{ref}(t_n) + w(t_n) \cdot a_{mot}(t_n) \cdot \Delta t$$

wobei w ein Gewichtungsfaktor ist, der empirisch ermittelt ist, a_{mot} eine aus dem Motormoment abgeleitete maximal mögliche Beschleunigung ist, und Δt die Zeitdifferenz zwischen den Zeitpunkten t_n und t_{n+1} ist, und wobei vorzugsweise der Gewichtungsfaktor w abhängig ist von der Geschwindigkeit, der Beschleunigung und dem Schlupf der Räder des Kraftfahrzeugs, und aus elektronisch gespeicherten Tabellen entnommen wird, und weiterhin vorzugsweise die aus dem Motormoment abgeleitete maximal mögliche Beschleunigung a_{mot} unter Berücksichtigung eines wirksamen Bremsmoments korrigiert wird. Die Beschleunigung und der Schlupf der Räder des Kraftfahrzeugs können aus dem zeitlichen Verlauf der Umdrehungsgeschwindigkeit im Vergleich mit der Referenz-Geschwindigkeit ermittelt werden.

Dies hat den Vorteil, daß die Referenz-Geschwindigkeit sehr schnell und mit hoher Wiederholfrequenz und gleichzeitig mit hoher Genauigkeit berechnet werden kann, und daß auch in kritischen Fahrsituationen, wie zum Beispiel bei unterschiedlichen Fahrbahnzuständen unter allen vier Rädern eines Fahrzeugs, beispielsweise Eis, Schnee, nasser und trockener Asphalt, eine rasche und zuverlässige Bestimmung der Referenz-Geschwindigkeit möglich ist, die im Zusammenspiel mit einer Antislipf- oder Antiblockier-Einrichtung des Fahrzeugs einen stabilen und sicheren Fahrbetrieb gewährleistet. Die Entnahme der Gewichtungsfaktoren aus elektronisch gespeicherten Tabellen hat den Vorteil, daß die entsprechenden Gewichtungsfaktoren beispielsweise in Form eines programmierbaren Speichers (PROM, EPROM oder EEPROM) in die Fahrzeugsteuerung individuell für verschiedene Fahrzeugtypen eines Herstellers oder für verschiedene Einsatzgebiete eines Fahrzeugs, auch durch den Kundendienst oder die Werkstatt vor Ort, eingesteckt und/oder ausgetauscht werden können.

In einer weiteren besonderen Ausführungsart der Erfindung weist das Kraftfahrzeug einen Beschleunigungssensor auf und die Fahrzeug-Geschwindigkeit wird auch mittels des Beschleunigungssensors ermittelt, zum Beispiel über die Integration des Ausgangssignals des Beschleunigungssensors über der Zeit, und die mit dem Beschleunigungssensor bestimmte Fahrzeug-Geschwindigkeit wird mit der Referenz-Geschwindigkeit verglichen.

Dies hat den Vorteil, daß bei Verwendung eines trägeheits basierenden Beschleunigungssensors, der die Erdbeschleunigung stets mit erfäßt, und dessen Ausgangssignal demzufolge abhängig ist von der Ausrichtung des Beschleunigungssensors und damit des Kraftfahrzeugs in Bezug auf die Horizontale, durch einen Vergleich der beiden Geschwindigkeiten bestimmt werden kann, ob das Fahrzeug gegenwärtig bergauf oder bergab fährt. Diese zusätzliche Information kann für andere, auch sicherheitsspezifische, Steuerun-

gen des Fahrzeugs verwendet werden.

In einer weiteren besonderen Ausführungsart der Erfindung wird ein Rad unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit, der Beschleunigung und dem Schlupf des jeweiligen Rades, und unter der Voraussetzung, daß das jeweilige Rad gegenwärtig nicht mit Bremskräften beaufschlagt ist, als stabiles Rad ausgewählt, die Geschwindigkeit des stabilen Rades mit der ermittelten Referenz-Geschwindigkeit verglichen, und vorzugsweise die Referenz-Geschwindigkeit an die Geschwindigkeit des stabilen Rades angeglichen, wenn der Vergleich eine Differenz ergibt.

Dies hat den Vorteil, daß mit den bereits ermittelten Parametern eine Überprüfung der berechneten Referenz-Geschwindigkeit und gegebenenfalls ein Angleichen möglich ist, wodurch die Zuverlässigkeit der Bestimmung der Referenz-Geschwindigkeit weiter erhöht wird.

Zu der Lehre der vorliegenden Erfindung gehört auch eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Referenz-Geschwindigkeit in einem Kraftfahrzeug, die Sensoren zur Aufnahme von Rad-Geschwindigkeiten, elektronische Datenspeichermittel und elektronische Rechenmittel aufweist, und die ein Verfahren der vorstehend beschriebenen Art ausführt.

Zu der Lehre der vorliegenden Erfindung gehört auch ein Datenträger, der ein Rechenprogramm und/oder zugehörige Daten speichert, wobei das Rechenprogramm ein Verfahren der vorstehend beschriebenen Art ausführt oder die zu diesem Verfahren zugehörigen Daten bereitstellt, oder wobei das Rechenprogramm eine Vorrichtung der vorstehend beschriebenen Art steuert oder die zur Steuerung dieser Vorrichtung zugehörigen Daten bereitstellt.

Dies hat den Vorteil, daß das Rechenprogramm und/oder die zugehörigen Daten beispielsweise in Form eines programmierbaren Speichers (PROM, EPROM oder EEPROM) in die Fahrzeugsteuerung individuell für verschiedene Fahrzeugtypen eines Herstellers oder für verschiedene Einsatzgebiete eines Fahrzeugs, auch durch den Kundendienst oder die Werkstatt vor Ort, eingesteckt und/oder ausgetauscht werden können.

Ein Weg zum Ausführen der beanspruchten Erfindung ist nachfolgend anhand der Zeichnungen im einzelnen erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Verfahrens zur Bestimmung einer Referenz-Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs und die Einbindung dieses Verfahrens in den Regelkreis einer Antislipf- oder Antiblockiereinrichtung.

Fig. 2 eine besondere Ausführungsart des Verfahrens nach der Fig. 1.

Fig. 3 eine Tabelle für die Zuordnung eines Gewichtungsfaktors.

Die Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Bestimmung einer Referenz-Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs und die Einbindung dieses Verfahrens in Regelkreis einer Antislipf- oder Antiblockiereinrichtung des Kraftfahrzeugs.

An einem ersten Rad 111 wird über einen entsprechenden Meßwertaufnehmer 112 die Rad-Geschwindigkeit v_1 des ersten Rads 111 ermittelt. An einem zweiten Rad 121 wird über einen entsprechenden Meßwertaufnehmer 122 die Rad-Geschwindigkeit v_2 des zweiten Rads 121 ermittelt. Aus den beiden Rad-Geschwindigkeiten v_1 und v_2 wird in einem Berechnungsschritt 131 die Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} berechnet; die Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} wird insbesondere als eine Funktion des zeitlichen Verlaufs der beiden Rad-Geschwindigkeiten $v_1(t)$ und $v_2(t)$ berechnet.

Durch ein Vergleichen 141 der Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} mit den beiden Rad-Geschwindigkeiten v_1 und v_2

wird im Rahmen einer Antislipf- oder Antiblockiereinrichtung des Kraftfahrzeugs 200 entsprechende Steuerkanäle 113, 123, beispielsweise elektrische, optische, mechanische, pneumatische oder hydraulische Steuerkanäle, eine Betätigung beziehungsweise ein Loslassen der Bremsen 114, 124 an den jeweiligen Rädern 111, 121 gesteuert.

Ergibt beispielsweise im Fall einer Antislipfregelung der Vergleich, daß die Rad-Geschwindigkeit v_1 des Rads 111 signifikant höher ist als die berechnete Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} , dann wird über die Steuerkanal 113 die Bremse 114 am Rad 111 betätigt, beispielsweise über das Schließen oder Öffnen von hydraulischen Ventilen innerhalb des Bremsystems.

Ergibt im anderen Fall einer Antiblockierregelung der Vergleich, daß die Rad-Geschwindigkeit v_2 des Rads 121 signifikant geringer ist als die berechnete Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} , dann wird über die Steuerkanal 123 die Bremse 124 am Rad 121 gelöst, beispielsweise über das Öffnen oder Schließen von hydraulischen Ventilen innerhalb des Bremsystems.

Die Fig. 2 zeigt eine besondere Ausführungsart des Verfahrens nach der Fig. 1. In dieser Ausführungsart werden über entsprechende Meßwertaufnehmer 210 die Rad-Geschwindigkeiten v_i ($i = 1, 2, 3, 4$) der vier Räder 211, 212, 213, 214 eines Kraftfahrzeugs ermittelt. Aus dem zeitlichen Verlauf der Rad-Geschwindigkeiten v_i werden die Rad-Beschleunigungen a_i ($i = 1, 2, 3, 4$) der vier Räder 211, 212, 213, 214 berechnet. Weiterhin wird aus den Rad-Geschwindigkeiten v_i und der jeweils gültigen Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} der jeweilige Schlupf s_i ($i = 1, 2, 3, 4$) der vier Räder 211, 212, 213, 214 berechnet.

Aus den Parametern v_i , a_i und s_i werden für jedes der vier Räder 211, 212, 213, 214 Gewichtungsfaktoren w_i ($i = 1, 2, 3, 4$) ermittelt (220), und zwar werden diese Gewichtungsfaktoren aus elektronisch gespeicherten oder zumindest elektronisch auslesbaren Tabellen 221 ausgelesen. Jede dieser Tabelle ist für einen bestimmten Geschwindigkeitsbereich gültig und ordnet innerhalb dieses Geschwindigkeitsbereichs jedem Schlupf/Beschleunigungspaar (s_i/a_i) eines Rades i genau einen Gewichtungsfaktor w_i zu. Ein Beispiel einer solchen Tabelle ist in der Fig. 3 dargestellt und wird nachfolgend noch eingehender beschrieben. Aus den Gewichtungsfaktoren w_i ($i = 1, 2, 3, 4$) wird durch Mittelwertbildung 221 ein mittlerer Gewichtungsfaktor w gebildet, der für die weitere Berechnung der Referenz-Geschwindigkeit verwendet wird. Bei der Mittelwertbildung können auch statistische Verfahren angewendet werden, um eine möglichst zuverlässige Mittelwertbildung zu erreichen, und zum Beispiel einen "Ausreißer" unter den Gewichtungsfaktoren zu eliminieren.

Je nach der Anzahl von offenen Differentialen in dem Kraftfahrzeug sind bei der Mittelwertbildung die Gewichtungsfaktoren aller Räder zu berücksichtigen oder zum Beispiel nur die jeweils minimalen Gewichtungsfaktoren der Räder einer Achse, wenn zwischen den Achsen die Differenziale offen sind.

Parallel zur Ermittlung der Gewichtungsfaktoren w_i wird aus dem vom Motor gelieferten Antriebsmoment M_{mot} 231 unter Berücksichtigung eines wirksamen Bremsmoments M_{brems} 232 eine maximal mögliche Beschleunigung des Kraftfahrzeugs a_{mot} 230 abgeleitet. Das vom Motor gelieferte Antriebsmoment M_{mot} 231 kann ebenso wie das wirksame Bremsmoment M_{brems} 232 in der Regel dem Informationsbus des Kraftfahrzeugs, beispielsweise ein CAN-Bus, entnommen werden. Die maximal mögliche Beschleunigung des Kraftfahrzeugs a_{mot} 230 lässt sich aus diesen Momenten unter Berücksichtigung fahrzeugspezifischer Größen, wie zum Beispiel Masse und Luftwiderstandsbeiwert,

und dem gegenwärtigen Fahrtzustand, wie zum Beispiel Drehzahl und Gangstufe ableiten.

Aus den derart bereitgestellten Parametern wird in einem Berechnungsschritt 240 die Referenz-Geschwindigkeit $v_{ref}(t_{n+1})$ zum Zeitpunkt t_{n+1} aus der Referenz-Geschwindigkeit $v_{ref}(t_n)$ zum Zeitpunkt t_n gemäß der rekursiven Rechenregel

$$v_{ref}(t_{n+1}) = v_{ref}(t_n) + w(t_n) \cdot a_{mot}(t_n) \cdot \Delta t$$

berechnet, wobei w der mittlere Gewichtungsfaktor ist, a_{mot} die aus dem Motor- und Bremsmoment abgeleitete maximal mögliche Beschleunigung ist, und Δt die Zeidifferenz zwischen den Zeitpunkten t_n und t_{n+1} ist.

Parallel zur Berechnung 240 der Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} kann die Fahrzeug-Geschwindigkeit v_{sens} auf zusätzliche Weise 251 mittels eines Beschleunigungssensors im Kraftfahrzeug, dessen Ausgangssignal über der Zeit integriert wird, ermittelt werden. Bei einem trägebasierenden Beschleunigungssensor, der die Erdbeschleunigung stets mit erfährt, und dessen Ausgangssignal demzufolge abhängig ist von der Ausrichtung des Beschleunigungssensors und damit des Kraftfahrzeugs in Bezug auf die Horizontale, kann durch einen Vergleich 250 der beiden Geschwindigkeiten v_{ref} und v_{sens} ermittelt werden, ob das Fahrzeug gegenwärtig bergauf oder bergab fährt.

Zum Beispiel wird auf Bergfahrt erkannt, wenn die vom Beschleunigungssensor ermittelte Geschwindigkeit über einen längeren Zeitraum kleiner ist als die Referenz-Geschwindigkeit. Im anderen Fall wird auf Talfahrt erkannt, wenn die vom Beschleunigungssensor ermittelte Geschwindigkeit über einen längeren Zeitraum größer ist als die Referenz-Geschwindigkeit.

Insgesamt werden durch das erfindungsgemäße Verfahren aus den Eingangsgrößen Motordrehzahl, Gangstufe, Sensorbeschleunigung, aus dem Motormoment abgeleitete maximale Beschleunigung, Radbeschleunigung, Radschlupf und Radgeschwindigkeit die Ausgangsgrößen Referenzgeschwindigkeit, Steigungswinkel in Fahrtrichtung und Radreibkoeffizienten bestimmt.

Darüber hinaus wird unter Berücksichtigung der Gewichtungsfaktoren w_i der Räder mindestens ein sogenanntes "stabiles" Rad ausgewählt 261.

Unter einem stabilen Rad ist ein Rad zu verstehen, dessen Rad-Geschwindigkeit sehr nahe an der tatsächlichen Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs in Fahrtrichtung liegt. Ein Rad wird dann als stabiles Rad erkannt, wenn

- 50 – der zugehörige Gewichtungsfaktor w_i 100% beträgt,
- der Radbremsdruck für eine bestimmte Zeitdauer unter einem vorbestimmten Wert liegt, zum Beispiel kleiner als 3 bis 5 bar ist,
- für das Rad keine Druckaufbauphase erkannt wird, und
- das Rad bereits seit einer bestimmten Zeitdauer als stabil erkannt worden ist.

Durch einen Vergleich 260 der Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} und der Rad-Geschwindigkeit v_{stabil} des stabilen Rades wird die Berechnung der Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} auf ihre Plausibilität hin überprüft. Ergibt sich bei diesem Vergleich 260 eine signifikante Abweichung der beiden Geschwindigkeiten v_{ref} und v_{stabil} , so erfolgt ein Angleichen der Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} an die Geschwindigkeit des stabilen Rades v_{stabil} .

Wird ein stabiles Rad erkannt, dessen Geschwindigkeit v_{stabil} unterhalb der Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} liegt, so wird die Referenz-Geschwindigkeit $v_{ref}(t_{n+1})$ zum Zeitpunkt

t_{n+1} aus der Referenz-Geschwindigkeit $v_{ref}(t_n)$ zum Zeitpunkt t_n gemäß der rekursiven Rechenregel

$$v_{ref}(t_{n+1}) = v_{ref}(t_n) - w_{stabil}(t_n) \cdot a_{neg} \cdot \Delta t$$

berechnet, wobei w_{stabil} der Gewichtungsfaktor des stabilen Rades ist, a_{neg} eine maximal-mögliche Verzögerung ist, und Δt die Zeitdifferenz zwischen den Zeitpunkten t_n und t_{n+1} ist. Der Gewichtungsfaktor w_{stabil} des stabilen Rades wird aus einer Tabelle entnommen, ist vom Schlupf und vom Bremsdruck an dem jeweiligen Rad abhängig und ist empirisch ermittelt.

Wird ein stabiles Rad erkannt, dessen Geschwindigkeit v_{stabil} oberhalb der Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} liegt, so wird die Referenz-Geschwindigkeit $v_{ref}(t_{n+1})$ zum Zeitpunkt t_{n+1} aus der Referenz-Geschwindigkeit $v_{ref}(t_n)$ zum Zeitpunkt t_n gemäß der rekursiven Rechenregel

$$v_{ref}(t_{n+1}) = v_{ref}(t_n) + (v_{stabil}(t_n) - v_{ref}(t_n)) = v_{stabil}(t_n)$$

ermittelt.

Die Fig. 3 zeigt eine Tabelle für die Zuordnung eines Gewichtungsfaktors w_i in Abhängigkeit der Beschleunigung a_i und des Schlupfes s_i eines Rades i ($i = 1, 2, 3, 4$) innerhalb eines Geschwindigkeitsbereiches für die Rad-Geschwindigkeit v_i .

Die Beschleunigung a_i ist in der Einheit g angegeben, wobei in Näherung $1 \text{ g} = 10 \text{ ms}^{-2}$ gilt. Der Schlupf s_i ist in Absolutwerten der Differenz zwischen der Rad-Geschwindigkeit und der Fahrzeug-Geschwindigkeit in der Einheit kmh^{-1} angegeben. Die Zahlenwerte für die Gewichtungsfaktoren w_i sind in % angegeben.

Die angegebene Tabelle gilt für einen bestimmten Bereich der Rad-Geschwindigkeit v_i des Rades i , zum Beispiel für den Bereich 20 bis 30 kmh^{-1} . In diesem Geschwindigkeitsbereich ergibt sich beispielsweise bei einer Rad-Beschleunigung von $1,75 \text{ g}$ und einem Schlupf von 5 kmh^{-1} ein Gewichtungsfaktor von 20% für das Rad i . Allgemein läßt sich sagen, daß eine hohe Beschleunigung und/oder ein großer Schlupf einen geringen Gewichtungsfaktor ergeben und umgekehrt. Dies hat seine Ursache in dem aus der Literatur bekannten Zusammenhang zwischen Kraftschlußbeiwert, Antriebsschlupf und Fahrzeug-Geschwindigkeit.

Patentansprüche

45

1. Verfahren zur Bestimmung einer Referenz-Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs, aufweisend die Schritte:

Messen (112, 122) einer Rad-Geschwindigkeit an mindestens zwei Rädern (111, 121) des Kraftfahrzeugs, gekennzeichnet durch den Schritt:

Berechnen (131) der Referenz-Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der Rad-Geschwindigkeiten von mindestens zwei Rädern (111, 121).

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Messen (112, 122) der Rad-Geschwindigkeiten an allen Rädern des Kraftfahrzeugs, und

Berechnen (131) der Referenz-Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der Rad-Geschwindigkeiten von allen Rädern.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch

Berechnen der Referenz-Geschwindigkeit zu diskreten Zeitpunkten und mit einer ausreichend hohen Wiederholfrequenz, und

Verwenden einer rekursiven Rechenregel für das Berechnen der Referenz-Geschwindigkeit.

4. Verfahren nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch Berechnen der Referenz-Geschwindigkeit $v_{ref}(t_{n+1})$ zum Zeitpunkt t_{n+1} aus der Referenz-Geschwindigkeit $v_{ref}(t_n)$ zum Zeitpunkt t_n gemäß der rekursiven Rechenregel

$$v_{ref}(t_{n+1}) = v_{ref}(t_n) + w(t_n) \cdot a_{mot}(t_n) \cdot \Delta t$$

wobei w ein Gewichtungsfaktor ist, der empirisch ermittelt ist, a_{mot} eine aus dem Motormoment abgeleitete maximal mögliche Beschleunigung ist, und Δt die Zeitdifferenz zwischen den Zeitpunkten t_n und t_{n+1} ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, gekennzeichnet dadurch, daß der Gewichtungsfaktor w abhängig ist von der Geschwindigkeit v , der Beschleunigung a und dem Schlupf s der Räder des Kraftfahrzeugs, und aus elektronisch gespeicherten Tabellen (221) entnommen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, gekennzeichnet dadurch, daß die aus dem Motormoment abgeleitete maximal mögliche Beschleunigung a_{mot} unter Berücksichtigung eines wirksamen Bremsmoments M_{brems} korrigiert wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kraftfahrzeug einen Beschleunigungssensor aufweist, gekennzeichnet durch Bestimmen (251) der Fahrzeug-Geschwindigkeit mittels des Beschleunigungssensors, und Vergleichen (250) der mit dem Beschleunigungssensor bestimmten Fahrzeug-Geschwindigkeit v_{sens} und der Referenz-Geschwindigkeit v_{ref} .

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch

Auswählen (261) eines Rades als stabiles Rad

– unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit, der Beschleunigung und dem Schlupf des jeweiligen Rades,

– und unter der Voraussetzung, daß das jeweilige Rad gegenwärtig nicht mit Bremskräften beaufschlagt ist,

und Vergleichen (260) der Geschwindigkeit des stabilen Rades mit der ermittelten Referenz-Geschwindigkeit.

9. Verfahren nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch Angleichen der Referenz-Geschwindigkeit an die Geschwindigkeit des stabilen Rades, wenn das Vergleichen (260) eine Differenz ergibt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, daß es sich bei dem Fahrzeug um einen allradangetriebenen Personenkraftwagen handelt.

11. Vorrichtung zur Bestimmung einer Referenz-Geschwindigkeit in einem Kraftfahrzeug, wobei die Vorrichtung aufweist:

Sensoren zur Aufnahme von Rad-Geschwindigkeiten, elektronische Datenspeichermittel und elektronische Rechenmittel, dadurch gekennzeichnet,

daß die Vorrichtung ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausführt.

12. Datenträger, der ein Rechenprogramm und/oder zugehörige Daten speichert, dadurch gekennzeichnet,

daß das Rechenprogramm ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ausführt oder die zu diesem Verfahren zugehörigen Daten bereitstellt, oder daß das Rechenprogramm eine Vorrichtung nach An-

spruch 11 steuert oder die zur Steuerung dieser Vorrichtung zugehörigen Daten bereitstellt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

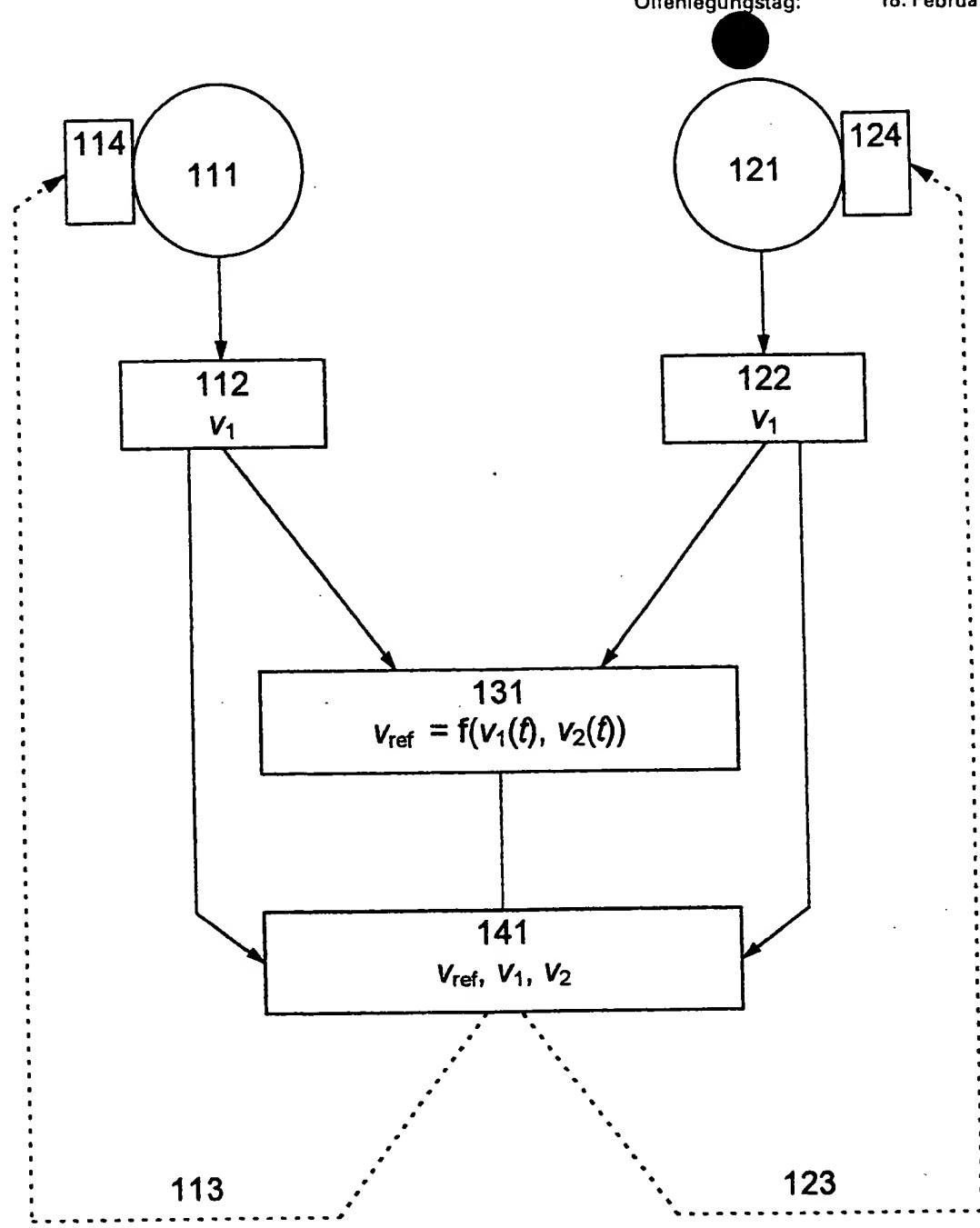


Fig. 1

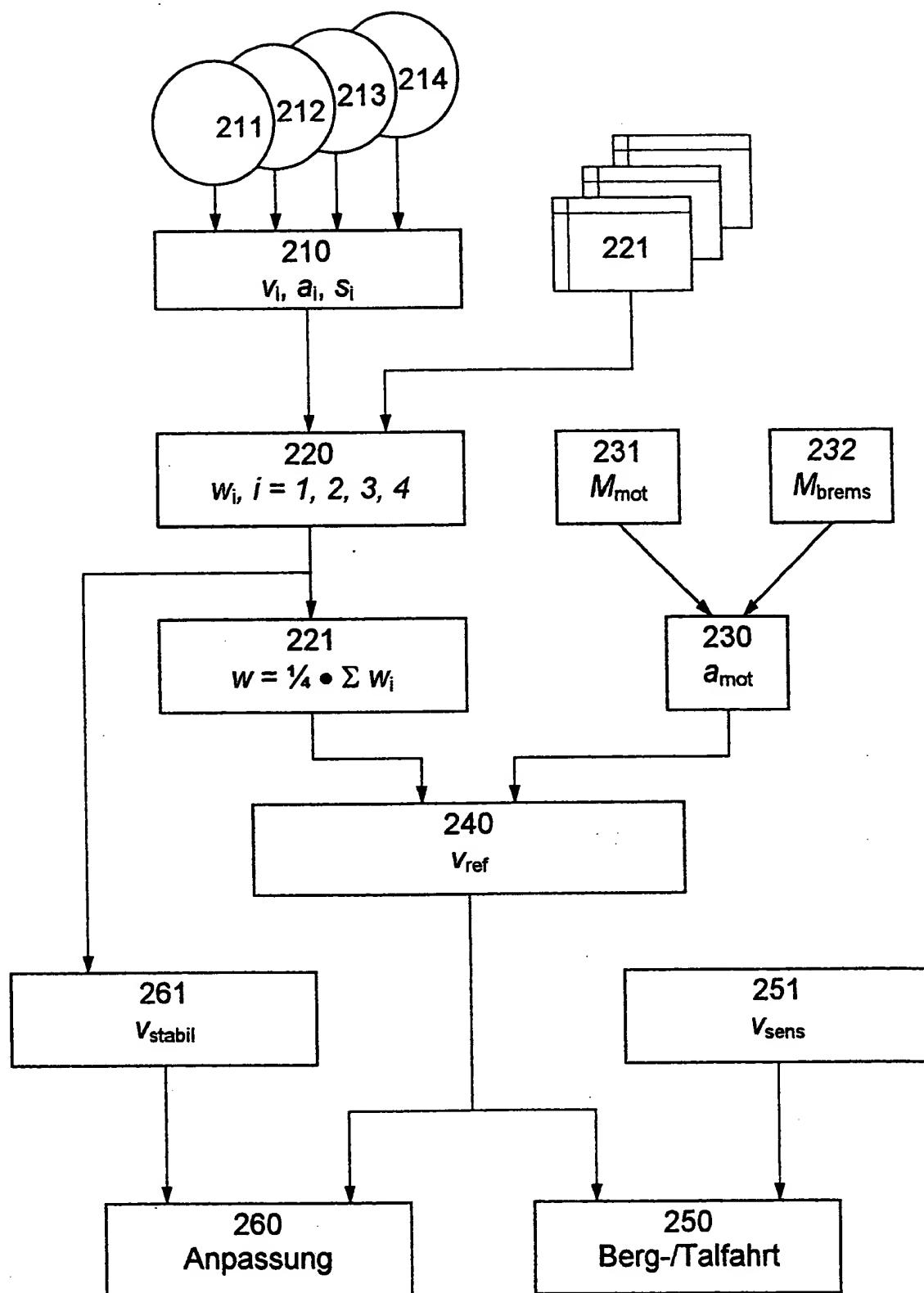


Fig. 2

	0-0,5 g	0,5-1,0 g	1,0-1,5 g	1,5-2,0 g	2,0-2,5 g	> 2,5 g
0-3 km/h	100	85	40	30	20	10
3-6 km/h	85	70	30	20	10	5
6-9 km/h	50	30	15	10	7	2
> 9 km/h	30	20	10	5	2	1

Fig. 3